

## PROCESS FOR REGULATING COMBUSTION IN THE COMBUSTION CHAMBER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Patent-Number:	<input checked="" type="checkbox"/> WO9516196
Publication-date:	1995-06-15
Inventor(s):	HERDEN WERNER (DE); KUESELL MATTHIAS (DE)
Applicant(s):	BOSCH GMBH ROBERT (DE); HERDEN WERNER (DE); KUESELL MATTHIAS (DE)
Requested Patent:	<input checked="" type="checkbox"/> DE4341796
Application Number:	WO1994DE01409 19941129
Priority Number(s):	DE19934341796 19931208
IPC Classification:	G01M15/00; F02P5/15
EC Classification:	G01M15/00D6; F02P5/145B
Equivalents:	
Cited Documents:	DE4116518; FR2466623; JP60147631; JP53027710

### Abstract

The invention proposes a process for determining the combustion point in the combustion chamber of an internal combustion engine so as to establish a parameter for influencing the combustion point. Thus, combustion chamber pressure and compression are detected and the difference between the two determined. The integral is then formed from the determined difference. This integral constitutes the starting point for determining a correcting variable for regulating the combustion point.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BEST AVAILABLE COPY**

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑯ ⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 43 41 796 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F02P 5/15

DE 43 41 796 A 1

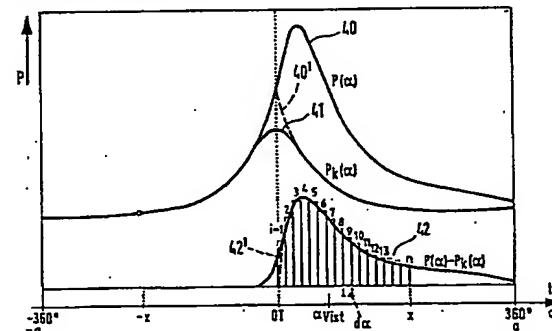
⑯ Aktenzeichen: P 43 41 796.5  
⑯ Anmeldetag: 8. 12. 93  
⑯ Offenlegungstag: 14. 9. 95

⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Herden, Werner, Dipl.-Ing., 70839 Gerlingen, DE;  
Kuesell, Matthias, Dipl.-Ing., 70806 Kornwestheim,  
DE

⑯ Verfahren zur Regelung der Verbrennung im Brennraum einer Brennkraftmaschine

⑯ Es wird ein Verfahren zur Bestimmung der Verbrennungslage im Brennraum einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, das dazu dient, eine Kenngröße zu ermitteln um Einfluß auf die Verbrennungslage auszuüben. Hierzu wird ein Brennraumdruck und ein Kompressionsdruck erfaßt und die Differenz aus beiden ermittelt. Anschließend wird aus der ermittelten Differenz das Integral gebildet. Dieses Integral bildet den Ausgang zur Ermittlung einer Stellgröße für eine Regelung der Lage der Verbrennung (Figur 2).



## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Regelung der Verbrennung im Brennraum einer Brennkraftmaschine nach der Gattung des Hauptanspruchs. Aus der DE-OS 37 36 430 ist schon ein Verfahren zur Regelung des Zündwinkels zur Einstellung einer gewünschten Verbrennungslage bei einer Brennkraftmaschine auf der Grundlage der erfaßten Verbrennungslage bekannt. Die Lage der Verbrennung ist dabei durch den Zeitpunkt gekennzeichnet, bei dem 50% der Energie der Zylinderladung umgesetzt sind. Die Verbrennungslage wird aus dem Brennraumdruck errechnet, wobei diese Berechnung jedoch sehr aufwendig ist. Zur Erfassung der Verbrennungslage wird bei dem bekannten Verfahren einerseits der Druck im Brennraum mittels eines Drucksensors erfaßt und andererseits wird laufend der jeweilige Kompressionsdruck bei bestimmten Kurbelwellenpositionen bestimmt. Zur Bestimmung des Kompressionsdrucks wird hierbei der Druckverlauf im Brennraum der Brennkraftmaschine bis zu einem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel erfaßt und anschließend der so erfaßte und gespeicherte Kurvenverlauf an einer durch den Kurbelwinkel bestimmten Achse gespiegelt. Eine anschließende Differenzbildung des Kompressionsdrucks vom gemessenen Brennraumdruck läßt eine Bestimmung des Verbrennungsdrucks zu, wobei die Bildung des Differenzdruckmaximums die Größe für die Regelung der Verbrennungslage ist. Die Kurve des Differenzdrucks wird bei verschleppten Verbrennungen im Leerlauf einen sehr flachen Verlauf haben. Kleinsten Störungen durch Beschleunigungen, elektromagnetischer Einkopplungen oder Zündspannungseinkopplungen können eine stark veränderte Lage des Differenzdruckmaximums bewirken. Weiterhin kann es zur Erkennung mehrere gleiche Maxima an verschiedenen Stützstellen kommen. Da jedoch nur eine Stützstelle die wahre Lage der Verbrennung angeben kann, ist eine eindeutige Beeinflussung der Verbrennungslage durch eine entsprechende Verschiebung des Zündwinkels nicht immer ausreichend.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß über die Bildung des Differenzdruckintegrals der Flächenschwerpunkt berechnet wird, der sehr gut mit der wahren Lage der Verbrennung korreliert und anhand dieser Lage des Flächenschwerpunktes eine Regelung der Zündung in Abhängigkeit von gewünschter wahrer Lage der Verbrennung und tatsächlicher wahrer Lage der Verbrennung möglich ist.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß die Integrationsgrenzen frei wählbar unter bestimmten Randbedingungen des Motorbetriebs angepaßt werden können. Weiterhin ist dieses Verfahren unempfindlich gegenüber Störungen wie sie beispielsweise bei Beschleunigungen auftreten können. Letztendlich ist dieses Verfahren über den gesamten Betriebsbereich einer Brennkraftmaschine einsetzbar und liefert auch im Leerlaufbetrieb sehr gute Ergebnisse.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Fig. 1 den Prinzipaufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, Fig. 2 ein Diagramm über den Druckverlauf während eines Verbrennungszyklus und Fig. 3 ein Flußdiagramm zur Durchführung des Verfahrens.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung, wobei vier Brennraumdrucksensoren 31 bis 34 vorgesehen sind, die jeweils den Brennraumdruck in den einzelnen nicht dargestellten Zylindern erfassen. Das den Brennraumdruck repräsentierende Signal Up wird nun jeweils an eine Auswerteeinheit 35 weitergeleitet. Der Auswerteeinrichtung 35 wird weiterhin noch ein Kurbelwellensignal KW, und ein Zylinderidentifikationsignal beispielweise ein Signal für den oberen Totpunkt OT oder ein Phasensignal PS zugeführt. In der Auswerteeinrichtung 35 wird nun mittels eines Algorithmus, welcher noch zu Fig. 3 genauer erläutert werden wird, die Lage der Verbrennung bestimmt. Die Auswerteeinrichtung 35 kann aufgrund der ermittelten Lage der Verbrennung und der vorgebaren Sollage der Verbrennung Stellgrößen 36 ausgeben, die dann an ein Steuergerät 37 zur Steuerung des Betriebs der Brennkraftmaschine beispielsweise der Zündung geleitet werden.

In Fig. 2 sind die Druckverläufe schematisch dargestellt. Dabei ist der Druckverlauf p in Abhängigkeit des Kurbelwellenwinkels dargestellt. Die Kurve 40 gibt dabei den Druckverlauf im Brennraum bei Verbrennung an. Darunter ist die Kurve 41 dargestellt, welche den Kompressionsdruckverlauf zeigt.

Diese Kurve ist jedoch nicht über die gesamte Kurbelwellenumdrehung meßbar, sondern muß ermittelt werden. Hierzu wird die Kurve des Verbrennungsdruckes bis zum Zeitpunkt oberer Totpunkt erfaßt und anschließend einfach an der Achse durch den oberen Totpunkt gespiegelt. Denkbar ist auch ein vom oberen Totpunkt abweichender Kurbelwinkel, bis zu welchem der Druckverlauf erfaßt, abgespeichert und anschließend an einer Geraden durch diesen vorgebbaren Kurbelwinkel gespiegelt wird. Man geht davon aus, daß der Druck, der sich im Kompressionshub aufbaut, sich bei einer entsprechenden Expansion analog abbaut. Die Kurve 42 zeigt nun die Differenz der Kurve 40 minus der Kurve 41, also die Differenz von Brennraumdruck und Kompressionsdruck. Diese Kurve 42 wird nun abgetastet und digitalisiert. Denkbar ist auch eine berechnete Differenzkurve 42', wobei hierbei vom Kurvenverlauf des Verbrennungsdrucks 40 der an der gerade durch den oberen Totpunkt OT gespiegelte Verbrennungsdruck 40, welcher durch die Kurve 40' dargestellt ist, abgezogen wird. Damit kann der Differenzdruck z. B. aus 40-41 oder aus 40-40' bestimmt werden. Das geschieht beispielsweise so, daß eine kurbelwellenwinkel-abhängige Taktung erfolgt, zu der die Kurve abgetastet wird. Denkbar wäre beispielsweise ein  $\Delta \alpha$  von  $3^\circ$  Kurbelwellenwinkel. Aus diesen ermittelten Druckwerten  $p[i]$  wird nun der Flächenschwerpunkt ermittelt. Dieser Flächenschwerpunkt ist mit  $\alpha_{\text{av},i}$  angegeben. Im Idealfall sollte der bestimmte Flächenschwerpunkt mit einem vorgegebenen Flächenschwerpunkt identisch sein. Für den Fall einer Abweichung wird aufgrund der Abwei-

chung eine entsprechende Stellgröße 36 festgelegt, die dann verschiedene Steuervorgänge wie beispielweise Zündung, Lambdafestlegung oder Abgasrückführung beeinflußt, wie noch zu Fig. 3 ausgeführt wird.

Fig. 3 zeigt ein Flußdiagramm zur Durchführung des Verfahrens. Hierbei wird von einem Brennraumdrucksensor (31-34) der Druck  $p(t)$  im Brennraum erfaßt. Der Signalverlauf  $U(t)$ , welches den Druckverlauf widerspiegelt, wird an einen A/D-Wandler 10 geführt. Hier wird das analoge Signale zeitlich abgetastet, so daß in einem Arbeitsschritt 11 eine Vielzahl von Druckwerten  $p[i]$  zur Verfügung stehen. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Druckwerte  $p[i]$ , die über einen kompletten Verbrennungszyklus von  $-a$  bis  $+a$ , also über  $720^\circ$  Kurzwinkel erfaßt werden, ist dabei durch den Winkel zwischen zwei Abtastungen bestimmt.

Bei der weiteren Verarbeitung wird nun jeder erfaßte Druckwert  $p[i]$  nacheinander untersucht. So wird in einer nachfolgenden Abfrage 12 kontrolliert, ob sich der erfaßte Druckwert mit dem Index  $i$  in einem vorgegebenen Intervall beispielsweise von  $-x$  bis  $+x$  (z. B.  $-90^\circ$  bis  $+90^\circ$ ) befindet. Dies ist eine Art Meßfenster, in welchem der Druckverlauf ausgewertet werden soll. Für den Fall, daß der erfaßte Druckwert  $p[i]$  in diesem Zeitfenster liegt, wird nun in einer Abfrage 13 kontrolliert, ob dieser erfaßte Druckwert in einem kleineren Zeitabschnitt und zwar im Intervall von  $-x$  bis zum oberen Totpunkt OT liegt. Ist dies der Fall, dann erfolgt die Spiegelung der Druckwerte an der Achse durch den oberen Totpunkt im Arbeitsschritt 14. Da der gemessene und weiter verarbeitete Druckwert  $p[i]$  noch vor dem oberen Totpunkt liegt, ist noch keine Auswertung möglich. Deshalb wird in einem Arbeitsschritt 15 der Summenwert  $S_1$ , der Summenwert  $S_2$  und eine Statusvariable  $R$  auf Null gesetzt. Nun wird im Arbeitsschritt 11 erneut ein Druckwert  $p[i]$  ausgewählt und wiederum an die Abfrage 12 weitergegeben. Danach wird wiederum in der Abfrage 13 kontrolliert, ob der gemessene Druckwert im Intervall  $-x$  bis oberer Totpunkt liegt. Ist dies nicht der Fall, werden nun in einem Arbeitsschritt 16 der Summenwert  $S_1$  und der Summenwert  $S_2$  gebildet, indem zu dem bisherigen Summenwert  $S_1$  der Wert  $p[i] - p_{G[i]}$  und zu dem bisherigen Summenwert  $S_2$  der Wert  $(p[i] - p_{G[i]})x_i$  hinzugefügt wird. Dieser hinzugefügten Wert ist einmal die Summe der Differenzen und einmal die Summe der Differenzen multipliziert mit dem Index  $i$ . Anschließend wird zurückgegangen in den Arbeitsschritt 11 und der nächste Druckwert  $p[i]$  ausgewählt. Wurde die Abfrage 12 mit nein beantwortet, d. h. der gemessene Wert ist nicht in dem Intervall vom  $-x$  bis  $+x$ , so wird in einer Abfrage 17 kontrolliert, ob die Statusvariable  $R$  den Wert Null hat. Ist dies nicht der Fall, wird wiederum im Arbeitsschritt 11 der nächste Druckwert ausgewählt. Wurde die Abfrage 17 mit ja beantwortet, d. h. der untersuchte Druckwert ist nicht im Intervall  $-x$  bis  $+x$  und die Statusvariable  $R$  ist Null, so wird in einem Arbeitsschritt 18 die Lage der aktuellen Verbrennung ermittelt, indem der Quotient aus Summe  $S_2$  und Summe  $S_1$  gebildet wird und mit der Breite eines Inkrements multipliziert wird. Die Breite eines Inkrements  $\Delta \alpha$  ist hierbei der Winkelabstand zwischen zwei Abtastungen der analogen Kurve, welche vom Brennraumdrucksensor geliefert wird. Damit hat man die Lage der wahren Verbrennung  $\alpha_{VIST}$  ermittelt. Im Arbeitsschritt 19 wird nun die Statusvariable  $R$  auf eins gesetzt, um weitere Berechnungen der Lage der Verbrennung  $\alpha_{VIST}$  im aktuellen Verbrennungszyklus zu vermeiden. Anschließend wird im Arbeitsschritt 20 der gleitende

Mittelwert  $\alpha_{VIST}$  aus mehreren Zyklen berechnet. Im Arbeitsschritt 21 wird aus dem bestimmten Wert für die tatsächliche Lage der Verbrennung und einem Sollwert, welcher aus einem Kennfeld entnommen wird, das  $\Delta \alpha_{ABW}$  der Abweichung bestimmt. Dieses  $\Delta \alpha_{ABW}$  ist eine Stellgröße 36, die von der Auswerteeinheit an das Steuergerät zur Regelung des Betriebs der Brennkraftmaschine geleitet wird. Im Steuergerät 37 wird die ermittelte Stellgröße z. B. auf den Kennfeldzündwinkel  $\alpha_{ZK}$  aufgeschlagen und der so bestimmte Zündwinkel an die Zündendstufe ausgegeben. Außerdem wird über eine Verbindung 22 zurückgesprungen an den Anfang des Algorithmus, um die nächste Verbrennung auszuwerten.

Das soeben beschriebene Ausführungsbeispiel bezieht sich jeweils darauf, daß der Flächenschwerpunkt der Lage von 50% Differenzdruckintegral entspricht, was nichts anderes heißt, als daß zum ermittelten Kurbelwinkel des Flächenschwerpunktes 50% der Ladung der Energie einer Zylinderladung umgesetzt bzw. 50% des Differenzdruckintegrals entstanden sind. Die Festlegung einzelner Stellgrößen kann aber auch von einem Kurbelwinkel ausgehen, bei dem ein anderer Prozentsatz der Energie umgesetzt ist, bzw. ein anderer Prozentsatz (20 ..... 30%) des Differenzdruckintegrals erreicht ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Verbrennung im Brennraum einer Brennkraftmaschine, wobei in vorgebbaren Zeitabschnitten der Druck ( $p(t)$ ) im Brennraum erfaßt wird, wobei die Druckwerte während des Kompressionshubes bis zum Erreichen eines vorgebbaren Kurbelwinkels gespeichert werden und nach dem Passieren des vorgebbaren Kurbelwinkels spielgelblich in gleichen Zeitabschnitten wieder ausgegeben werden, wobei die Differenz zwischen den weiterhin erfaßten Druckwerten während der Verbrennung und den ausgegebenen Druckwerten während des Kompressionshubes gebildet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Integral der ermittelten Differenz (42) gebildet wird, daß ein vorgebbaren Flächenanteils des Integrals bestimmt und der zugehörige Kurbelwinkel ( $\alpha_{VIST}$ ) an dem der vorgebbare Flächenanteil erreicht ist, ermittelt wird, daß die Abweichung des ermittelten Kurbelwinkels von einem vorgebbaren Soll-Kurbelwinkel bestimmt wird und die ermittelte Abweichung eine Stellgröße (36) darstellt, die einem Steuergerät zur Regelung der Verbrennung zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgebbare Soll-Kurbelwinkel aus einem Kennfeld entnommen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße in die Zündungsregelung eingerechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße in die Lambda Regelung eingerechnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße in die Abgasrückführung eingerechnet wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Auswerteeinrichtung vorgesehen ist, der mindestens ein den Brennraumdruck repräsentierendes Signal, ein Kurbelwellen-Signal (KW) und ein Zy-

linderidentifikationssignal (OT) zugeführt ist und die eine Stellgröße (36) an ein Steuergerät (37) abgibt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65